



**4 EMME Service S.p.A.**

**Prove in Sito - Laboratorio Prove Materiali**

Sede legale: Via L. Zuegg, 20 – 39100 Bolzano - ITALY

Tel. 0471/543111 - Fax 0471/543110 - [4emme@legalmail.it](mailto:4emme@legalmail.it) - [www.4emme.it](http://www.4emme.it)

Sistema Qualità ISO 9001:2008 certificato RINA nr. 6441/01/S

## INDAGINI DIAGNOSTICHE

### **PONTE**

**STR. PROVINCIALE 47 – ACQUANEGRA CR. (CR)**

**PROVA n. 3047/PC**  
**6-12-17 dicembre 2018**

Committente:

**Centro Padane S.r.l.**

Tecnico Incaricato:

**Ing. Roberto Salvadori**

Relatore:

**Geom. Marco Dainese**



**Vista ponte – 135**

Rif.: PC/197-18

Piacenza, 31 gennaio 2019

C.F./P.I. IT 01288130212

Cap. Soc. 500.000,00 Euro

R.E.A. - BZ 111601

CASSA CENTRALE RAIFFEISEN BZ IT49 B 03493 11600 000300027138

Bologna 051-6346808  
Bolzano 0471-543111  
Cagliari 070-490732  
Como 031-305253

Firenze 055-461000  
Genova 010-586195  
Milano 02-40092545  
Modena 059-395414

Padova 049-8020707  
Palermo 091-6703629  
Piacenza 0523-755849  
Roma 06-71546992

Torino 011-7706023  
Treviso 0438-990200  
Verona 045-8004278

**Laboratori Autorizzati**  
Bolzano 0471-543111  
Milano 02-40092545

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>3. DESCRIZIONE DELLE PROVE.....</b>	<b>7</b>
• <b>Carotaggi e carbonatazione .....</b>	<b>8</b>
• <b>Sonreb.....</b>	<b>10</b>
• <b>Indagini vickers .....</b>	<b>10</b>
• <b>Prelievo barre d'armatura .....</b>	<b>10</b>

## 1. PREMESSA

La Società *4 EMME Service S.p.a.*, specializzata in indagini sperimentali in sito su strutture, è stata incaricata da Centro Padane S.r.l. di eseguire delle indagini diagnostiche presso il ponte sul canale navigabile Cr-Pizzighettone situato sulla strada provinciale 47 a Cremona.

La scelta degli elementi strutturali da sottoporre ad indagine, le modalità di rilevazione ed i punti di misura sono stati preventivamente concordati con il Tecnico Incaricato Ing. Roberto Salvadori.

Le prove sono state eseguite i giorni 6-12-17 dicembre 2018.

All'esecuzione delle indagini ha assistito:

Ing. Roberto Salvadori

Tecnico Incaricato

e per la *4 EMME Service S.p.a.*:

Geom. Antonio Mangia

Geom. Marco Dainese

Geom. Manuel Calamari

## 2. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

### INDAGINI SUI CALCESTRUZZI

#### Carotaggio del calcestruzzo

Lo scopo di questa indagine è di fornire al laboratorio il provino da sottoporre a prova di compressione per determinare la R.m.c. e verificare, ed eventualmente correggere, i risultati ottenuti con metodi non distruttivi.

Dalla prova sulla carota si potrà ricavare il modulo elastico e lo spessore della carbonatazione. Esempio:



#### PROCEDURA

- Il punto di carotaggio deve essere verificato con il pacometro per evitare di tagliare armature fondamentali, cavi elettrici o telefonici. Nel caso venga riscontrata la presenza di un elemento estraneo al calcestruzzo, e non individuato precedentemente, la prova va interrotta.
- La strumentazione utilizzata è un carotatore di diametro generalmente 100 mm.
- Scegliere l'utensile necessario per il carotaggio con un diametro pari ad almeno tre volte il diametro massimo dell'inerte. E' importante che la lama della carota sia perfettamente affilata per evitare pericolose vibrazioni.
- La carotatrice va fissata con accuratezza e perfettamente ortogonale alla superficie di lavoro.
- Va sempre previsto il tubo per l'acqua di raffreddamento e l'aspiratore del fango di taglio.

- Una volta terminato il prelievo fotografare la carota su un piano di colore neutro.

#### NOTE

- Da tenere presente che la forma del cilindro è regolata da UNI 12390-1 e che le correlazioni con la resistenza del cls ( $R_{ck}$ ) sono da riferirsi generalmente ad un  $R_{ck}$  cubico di lato 15 cm x 15 cm.
- Tale correlazione è paragonabile con un cilindro di diametro 15 cm ed altezza 30 cm.

#### RIFERIMENTI

Norma UNI EN 12504-1

## INDAGINI SUI CALCESTRUZZI

### Valutazione della profondità della carbonatazione

La prova ha lo scopo di determinare la profondità di carbonatazione dello strato superficiale del calcestruzzo.

Il calcestruzzo possiede un valore di pH di circa 12,5, cosa che gli conferisce un carattere fortemente alcalino. Questa forte alcalinità costituisce una protezione naturale dell'armatura contro la corrosione.

Il calcestruzzo carbonatato è fortemente permeabile e riduce la capacità protettiva; fornisce inoltre una durezza superiore che tende ad ingannare i metodi di determinazione della resistenza a compressione misurati con sclerometro.

Esempio:



### PROCEDURA

- Il punto di carotaggio deve essere verificato con il pacometro per evitare di tagliare armature fondamentali, cavi elettrici o telefonici. Nel caso venga riscontrata la presenza di un elemento estraneo al calcestruzzo, e non individuato precedentemente, la prova va interrotta.
- La strumentazione utilizzata è un carotatore di diametro generalmente 100 mm.
- Scegliere l'utensile necessario per il carotaggio con un diametro pari ad almeno tre volte il diametro massimo dell'inerte. E' importante che la lama della carota sia perfettamente affilata per evitare pericolose vibrazioni.
- La carotatrice va fissata con accuratezza e perfettamente ortogonale alla superficie di lavoro.
- Va sempre previsto il tubo per l'acqua di raffreddamento e l'aspiratore del fango di taglio.
- Una volta terminato il prelievo spruzzare con soluzione indicatore di fenoltaleina in quantità appena sufficiente a inumidire la superficie, fotografare la carota su un piano di colore neutro.

### NOTE

- Da tenere presente che la forma del cilindro è regolata da UNI 12390-1 e che le correlazioni con la resistenza del cls ( $R_{ck}$ ) sono da riferirsi generalmente ad un  $R_{ck}$  cubico di lato 15 cm x 15 cm.
- Tale correlazione è paragonabile con un cilindro di diametro 15 cm ed altezza 30 cm.

### RIFERIMENTI

Norma UNI EN 12504-1  
Norma UNI EN 14630

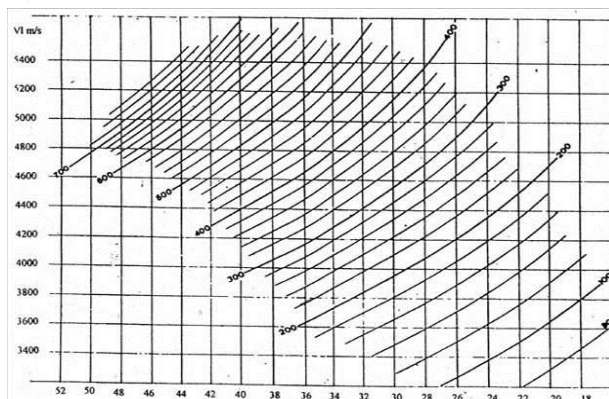
# INDAGINI SUI CALCESTRUZZI

## Valutazioni con metodo SonReb

Lo scopo della prova è calcolare la resistenza media a compressione del calcestruzzo combinando la velocità ultrasonica  $V$ , ottenuta con prove ultrasoniche, con l'indice di rimbalzo  $S$  ottenuto con prove sclerometriche, compensando gli errori di entrambe le prove. Il contenuto di umidità e l'età del calcestruzzo infatti influenzano in modo opposto entrambe le prove. Si utilizzano curve di correlazioni sperimentali o, in alternativa, di correlazioni analitiche. Esempio:

### Curve di iso-resistenza (Rilem) $R_c$ [N/mm<sup>2</sup>]

Velocità ultrasonica [m/s]



### PROCEDURA

- Misurare la velocità ultrasonica media di un impulso all'interno del calcestruzzo in almeno 3 punti (Rif. 5.01).
- Misurare l'indice medio di rimbalzo del calcestruzzo in almeno 3 punti (Rif. 5.05).
- Utilizzare delle curve di correlazioni sperimentali secondo le raccomandazioni Rilem NDT 1 per identificare la curva di iso-resistenza relativa ai valori di  $V$  e  $S$  riscontrati nelle misurazioni o, in alternativa, di correlazioni analitiche, del tipo:

$$R_{cub} = a \cdot S^b \cdot V^c \quad [\text{MPa}]$$

dove:

$V$  = velocità ultrasonica [m/s]

$S$  = indice di rimbalzo sclerometrico

I valori dei coefficienti calcolati empirici sono:

$$a = 9,27 \cdot 10^{-11}$$

$$b = 1,4$$

$$c = 2,6$$

In alcuni testi esistono anche altri valori per i coefficienti. In ogni caso nessuna forma ha validità generale, soprattutto se si tratta di calcestruzzi di bassa qualità.

Nel caso la rilevazione con metodo SonReb abbia una funzione di confronto coi dati rilevati mediante prove distruttive, i coefficienti con vengono assegnati secondo espressioni fornite in bibliografie, ma il modello viene tarato mediante regressione lineare con i valori di resistenza cubica  $R_c$  derivati dalla resistenza cilindrica a compressione  $f_c$  di alcune carote.

### NOTE

Eseguire la prova in almeno 3 punti per ottenere risultati statisticamente attendibili e non soggetti a fenomeni puntuali.

### RIFERIMENTI

Norma BS 1881-204, DIN 1045, CP110



## INDAGINI SUGLI ACCIAI

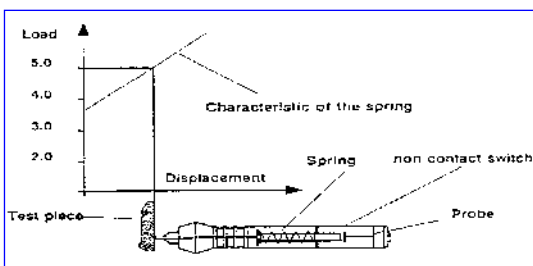
### Descrizione prove con microdurometro Vickers

L'indagine tramite microdurometro Vickers ha lo scopo di ottenere una valutazione della resistenza meccanica a trazione dell'acciaio, eseguendo un controllo della durezza mediante l'utilizzo di un microdurometro portatile. La valutazione dell'impronta Vickers viene effettuata per via elettronica con il metodo UCI. Esempio:



### PROCEDURA

Il penetratore, costituito dalla piramide Vickers, è montato sull'estremità di una barretta metallica che viene eccitata a vibrare longitudinalmente con una frequenza di 78 kHz. Nel contatto tra il diamante Vickers e l'elemento, la frequenza subisce una variazione che dipende dalla superficie dell'impronta che, a sua volta, costituisce una misura della durezza del materiale in prova.



- Preparare l'area d'indagine eliminando la vernice e lucidandola con carta abrasiva di grana 400.

- Premere la punta di diamante sulla superficie dell'acciaio producendo un'impronta; in questo modo si carica progressivamente una molla elicoidale contenuta nel corpo della sonda. Quando il carico ha raggiunto un valore corrispondente a quello di misura lo strumento rileva automaticamente la misura dell'impronta e la memorizza.
- Attraverso i valori di durezza Vickers (HV) ottenuti, calcolare la resistenza a trazione:

$$R_t = Brinell \cdot 3,55 \quad \text{se Brinell} \leq 175$$

$$R_t = Brinell \cdot 3,338 \quad \text{altrimenti}$$

dove:

$R_t$  = singole resistenze a trazione;  
 $Brinell$  = durezza Brinell = 0,95HV.

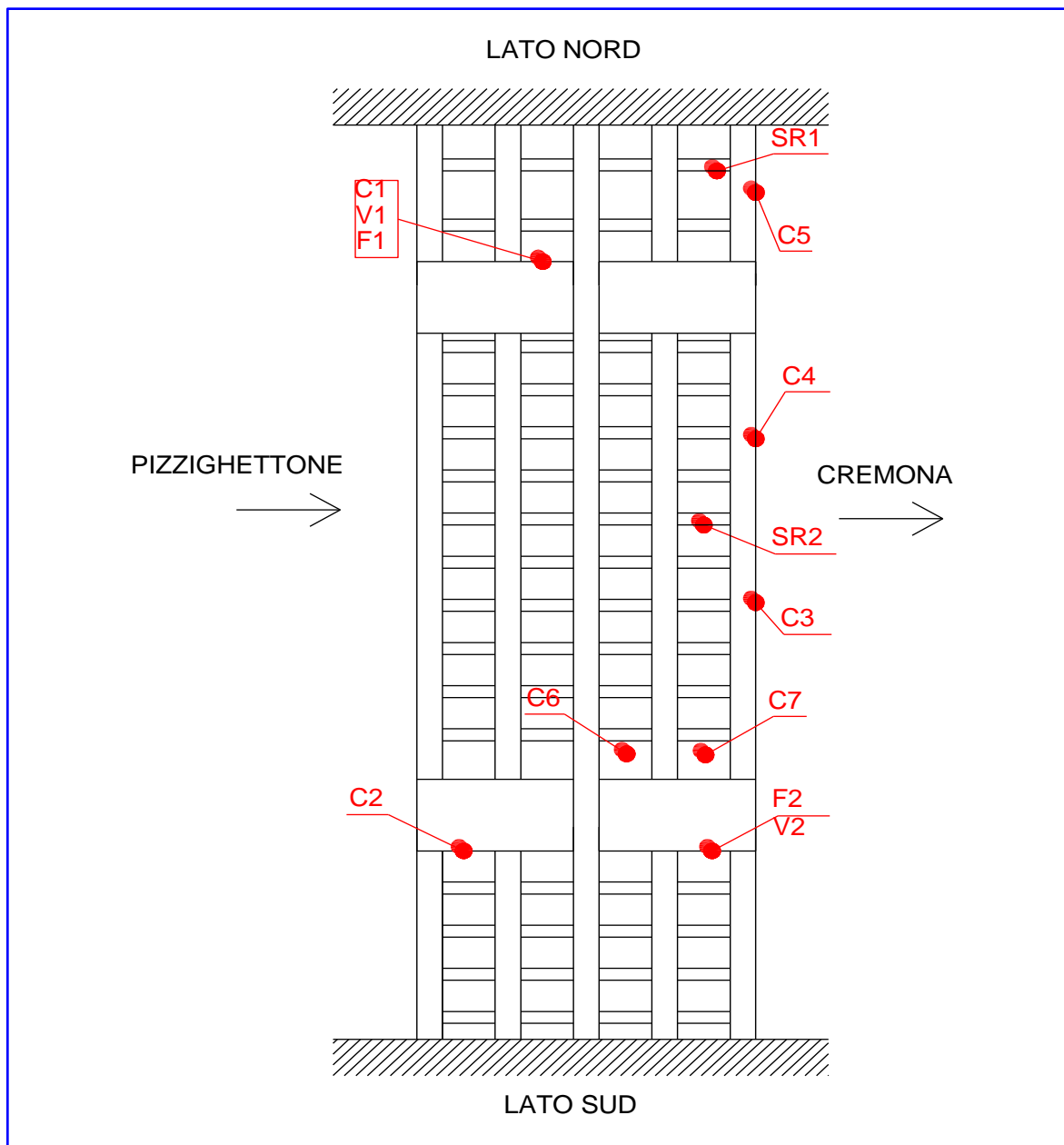
### RIFERIMENTI

Norma UNI EN ISO 18265  
 DIN 50157

### 3. DESCRIZIONE DELLE PROVE

Di seguito è riportato un elenco delle indagini effettuate e le loro localizzazioni:  
Lo schema riportato è puramente illustrativo.

- C – Carotaggi e carbonatazione
- V – Indagini vickers
- F – Prelievo ferri
- SR – SonReb



Localizzazione delle indagini effettuate




- **Carotaggi e carbonatazione**

Sul ponte sono stati eseguiti n. 7 prelievi di provini cilindrici Ø80 sui manufatti della struttura, con l'obiettivo di avviare i campioni al laboratorio per prove di compressione. Prima dell'esecuzione dei prelievi è stata controllata la disposizione delle armature tramite pacometro senza trovare armatura.





Prima dell'esecuzione delle prove di compressione, avvenute nel rispetto della norma UNI 12390-3, si è proceduto a tagliare e rettificare i provini mediante rettifica meccanica. Il rapporto tra diametro e altezza mantenuto al momento dell'esecuzione della prova è stato di 1 a 1.

Sono state eseguite n. 7 prove di carbonatazione sui provini cilindrici prelevati dai manufatti della struttura.

Nella tabella successiva viene riportata la descrizione dettagliata dei campioni cilindrici estratti.

Carota	Elemento	Lunghezza cm	Esposizione Note	Immagini
C1	Pila Lato Nord-Est	13,5	Prelievo effettuato orizzontalmente  Carbonatazione Media 15 mm	
C2	Pila Lato Sud-Ovest	11,5	Prelievo effettuato orizzontalmente  Carbonatazione media 30 mm	
C3	Trave Lato Est	9,5	Prelievo effettuato orizzontalmente  Carbonatazione assente	



Carota	Elemento	Lunghezza cm	Esposizione Note	Immagini
C4	Trave Lato Est	10	Prelievo effettuato orizzontalmente  Carbonatazione assente	
C5	Trave Lato Nord	12,0	Prelievo effettuato orizzontalmente  Carbonatazione Media 10mm	
C6	Soletta spessore totale 38 cm di cui 16 cm di strato bituminoso	22	Prelievo effettuato verticalmente  Carbonatazione assente	
C7	Soletta spessore totale 38 cm di cui 16 cm di strato bituminoso	20	Prelievo effettuato verticalmente  Carbonatazione Media 10mm	

- **Sonreb**

Sono state effettuate n. 2 indagini SonReb per verificare la qualità del calcestruzzo nei manufatti della struttura che hanno riportato i seguenti risultati.

Elemento	Punto	Indice rimbalzo	Velocità ultrasuoni	Di Leo - Pascale Rc [Mpa]	Giacchetti - Lacquaniti Rc [Mpa]	Del Monte Rc[Mpa]	Media
Traverso Lato Nord	SR1	38,0	4025	37,0	29,5	32,8	<b>33,11</b>
Traverso Mezzeria	SR2	39,8	3874	35,4	28,5	32,4	<b>32,10</b>

- **Indagini vickers**

Sono state eseguite n. 2 indagini Vickers con microdurometro su elementi metallici della struttura, come di seguito riportato:

- V1: indagine effettuata su barra d'armatura Ø 14 a aderenza migliorata su pila lato nord/est;
- V2: indagine effettuata su barra d'armatura Ø 14 a aderenza migliorata su pila lato sud/ovest;

Vickers	Indice di durezza Vickers (HV)			Durezza Brinell (HB)	Tensione di rottura a trazione (f <sub>t</sub> )
	Min	Max	Medio		[MPa]
V1	119,0	139,0	<b>127,0</b>	120,7	428,3
V2	188,0	240,0	<b>234,0</b>	222,3	742,0

Caratteristica	Fe B 22 k	Fe B 32 k	Fe B 38 k	Fe B 44 k	B 450C
Tensione di snervamento f <sub>y</sub> [MPa]	> 215	> 315	> 375	> 430	450
Tensione di rottura a trazione f <sub>t</sub> [MPa]	> 335	> 490	> 450	> 540	540

- **Prelievo barre d'armatura**

Sono state prelevate due barre d'armatura sulle pile del ponte denominate con la sigla F1 e F2 e sono stati avviate alle prove di trazione presso il Laboratorio.



Vista dei campioni prelevati

In allegato vengono forniti i certificati di laboratorio per le prove di compressione sui provini cilindrici, Lab. MI certificato n. 1061 del 17/01/2019 e sulle prove di trazione dei provini metallici, Lab. MI certificato n. 4392 del 17/01/2019.

La società si assume la responsabilità per la precisione delle misure effettuate.  
L'elaborazione dei dati invece rappresenta solamente un sussidio da verificare ed approvare dal Tecnico Incaricato.

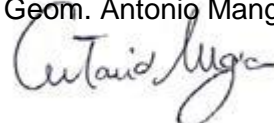
Piacenza, 31 gennaio 2019

*4 EMME Service S.p.A.*

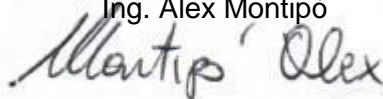
Il Responsabile della Prova  
Geom. Marco Dainese



Revisionata da Direttore di Centro  
Geom. Antonio Mangia



Revisione dei dati  
Ing. Alex Montipò



PER INFORMAZIONI E DETTAGLI TECNICI,

[www.4emme.it](http://www.4emme.it)